

ТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В.Ф. ДАВЫДОВ, *проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук⁽¹⁾*,

А.В. СОБОЛЕВ, *доц. МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук⁽¹⁾*,

М.С. УСАЧЕВ, *ст. преподаватель МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук⁽¹⁾*

asobolev@mgul.ac.ru, usachev@mgul.ru

⁽¹⁾ ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

Достоверный прогноз землетрясений возможен, если измерять их ранние первопричины. Установлено, что одной из первопричин землетрясений является дегазация земной коры в результате механических напряжений. Накануне сейсмического удара в атмосфере над очагом подготавливаемого землетрясения возникает электростатическое поле напряженностью сотни кВ/м. В электростатическом поле происходит поворот дипольных молекул водяного пара, что приводит к поляризации отраженного солнечного потока. Наибольший уровень поляризации наблюдается в ультрафиолетовом диапазоне. Поскольку максимальный уровень напряженности электростатического поля приурочен к эпицентральной части очага землетрясения и уменьшается к периферии, то и поляризуемость отраженного светового потока изменяется от участка к участку. Изменение поляризации содержит информацию о параметрах предстоящего сейсмического удара: координатах очага, времени удара и его магнитуде. Динамика изменения поляризации как признака-предвестника землетрясения может быть выделена путем линиamentного анализа ультрафиолетового изображения пространства очага. В качестве числовой характеристики динамики изменения принята средневзвешенная сумма азимутов линиamentов. Из математики известно, что сама функция и скорость ее изменения связаны дифференциальным уравнением первой степени, общим решением которого является экспонента. Экспоненциальная зависимость обладает тем свойством, что по трем ее дискретным изменениям может быть восстановлена вся функция. Осуществляя зондирование подстилающей поверхности на трех последовательных витках прохода космического аппарата над зоной очага, при межвитковом интервале измерений ~1,5 час по трем изображениям определяют динамику сейсмического процесса. В качестве средств получения ультрафиолетового изображения использована цифровая видеокамера «Фиалка МВ-КОСМОС», находящаяся на борту Российского сегмента международной космической станции.

Ключевые слова: землетрясение, магнитуда, изображение, поляризация, диполь градиентное поле, линиament, азимут, признак-предвестник.

Очаг землетрясения аккумулирует огромную энергию тектонических напряжений. В потенциальном поле напряжений земной коры возникают аномалии других физических полей:

– явление свечения атмосферы над зоной подготавливаемого землетрясения в полосах Лаймана, Бальмера, Пашена [1];

– явление возникновения поляризационных аномалий светового потока, отраженного от подстилающей поверхности и собственного восходящего излучения [2];

– образование в атмосфере над зоной очага нескомпенсированного заряда кулоновского электричества и электростатического поля напряженностью нескольких кВ/м [3].

Под воздействием электростатического поля происходит поворот дипольных молекул водяного пара в атмосфере. В результате вторичного переизлучения падающего светового потока дипольно-ориентированны-

ми молекулами водяного пара отраженный (восходящий) поток оказывается частично поляризованным. Годограф частично поляризованного потока представляет собой эллипс, главная ось которого совпадает с направлением оси сжатия земной коры, как это иллюстрируется на рис. 1.

Поскольку максимальная напряженность (E) электростатического поля приурочена к эпицентральной части очага и уменьшается к периферии, то и поляризуемость отраженного потока изменяется от участка к участку. Поляризуемость зависит от длины волны. Размер молекул водяного пара составляет порядка $d = 2,5 \cdot 10^{-8}$ см. Чем короче длина волны падающего солнечного потока, тем выше поляризуемость отраженного потока.

Согласно классическим представлениям [4], электроны и атомы вещества под действием световой волны совершают вынужденные колебания. Наличие собственной

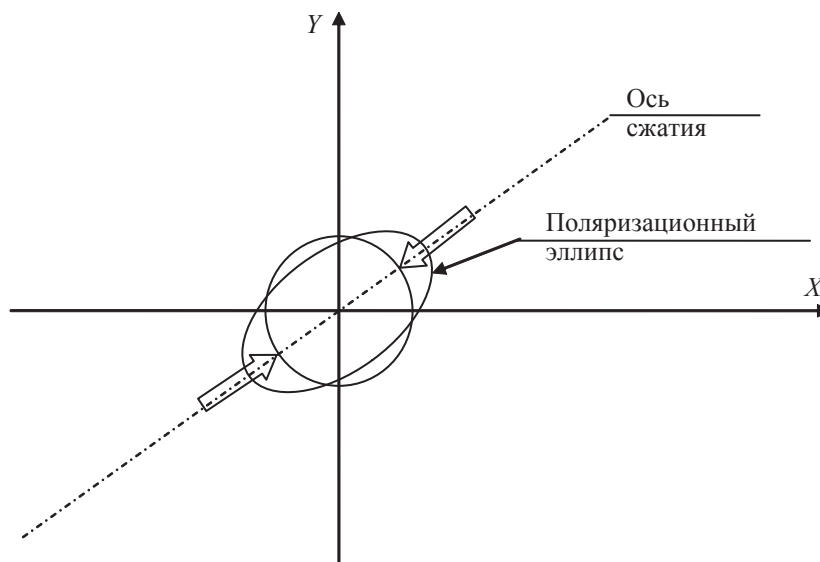


Рис. 1. Ориентация эллипса поляризации относительно оси сжатия
Fig. 1. The orientation of the polarization ellipse with respect to the compression axis

частоты колебания приводит к зависимости диэлектрической проницаемости вещества и коэффициента преломления (n) от концентрации вторичных излучателей в веществе и от соотношения длин волн

$$n \cong 1 + \sum \frac{N_i e}{\pi m_i c^2} \times \frac{1}{1/\lambda_{0i}^2 - 1/\lambda^2}$$

где N_i – концентрация в веществе вибраторов i -го сорта;

e – заряд электрона;

m_i – масса вибратора i -го сорта;

λ_{0i} – собственная длина волны вибратора i -го сорта;

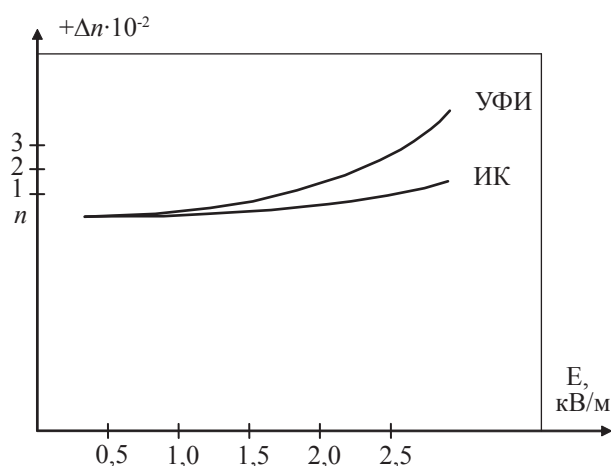


Рис. 2. Зависимость коэффициента преломления от ионной концентрации и длины волны излучения
Fig. 2. The dependence of the refractive index of the ion concentration and the wavelength of the radiation

λ – длина волны падающего светового потока.

Следовательно, коэффициент преломления и поляризуемость отраженного потока в ультрафиолетовой области спектра (0,2–0,3 мкм) выше, чем в видимом и инфракрасном участках электромагнитного поля (0,4–2 мкм). Зависимость коэффициента преломления от ионной концентрации и длины волны излучения иллюстрируется графиками рис. 2.

Установлено, что психологически опознавание образа человеком-оператором происходит на уровне контурного рисунка. Форма объекта, его образ, являются наиболее емкими информационными признаками [5].

Для получения образа объекта-очага землетрясения формируют градиентное поле линияментов. По определению [6], векторное поле градиентов в каждой точке изображения $I(x, y)$ вычисляют по зависимости

$$\text{grad} I(x, y) = \frac{dI}{dx} i + \frac{dI}{dy} j.$$

Возле каждого пикселя цифровой матрицы изображения расположено 8 смежных пикселей, поэтому в принципе производные каждой точки изображения могут вычисляться как минимум по 8-ми направлениям. За преимущественное направление принимается направление с максимальным градиентом. Само направление задается азимутом штри-

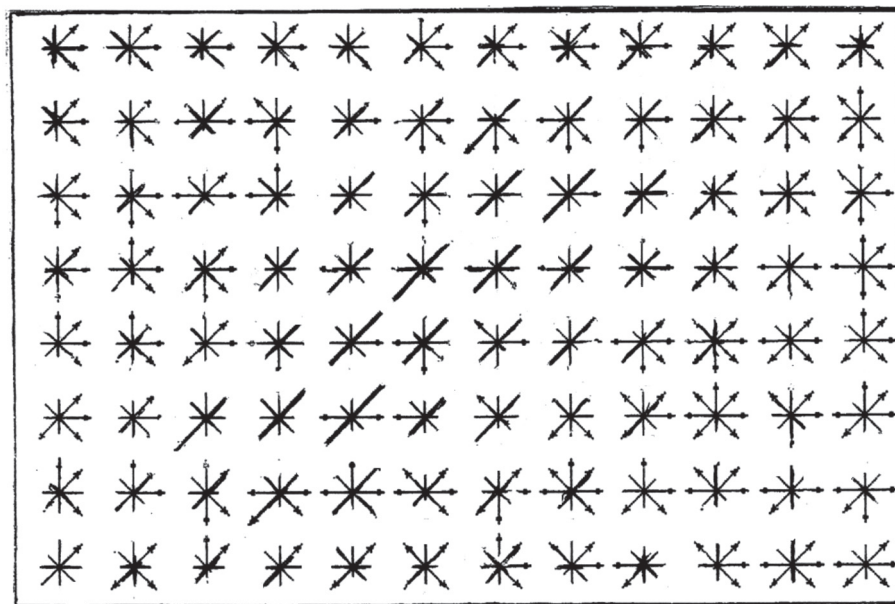


Рис. 3. Визуализированное градиентное поле линиаментов ультрафиолетового изображения
Fig. 3. The rendered gradient field liniamentov ultraviolet image

ха-линиамента, длину которого l_i вычисляют по формуле

$$l_i = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$$

а азимут по формуле

$$a_i = \arctg \frac{(y_j - y_i)}{(x_j - x_i)}$$

где (y_j, y_i) и (x_j, x_i) – координаты верхнего и нижнего концов линиамента.

На рис. 3 представлено визуализированное линиamentное поле синтезированной матрицы изображения очага землетрясения [7]. Длина штриха каждого линиамента устанавливается во входных параметрах программы. Возникающий накануне сейсмического удара переходный колебательный процесс изменяет картину механических напряжений по пространству очага, следовательно, и поляризационную картину градиентного поля линиamentов. В качестве интегрального признака-предвестника сейсмического удара выбирают средневзвешенную сумму азимутов линиamentов, определенную как

$$\Sigma = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i.$$

Интегральным он является потому, что аккумулирует в себе промежуточные предвестники: механические напряжения,

дегазацию земной коры, ионизацию молекул воздуха, возникновение нескомпенсированного заряда кулоновского электричества, электростатическое поле (E) в виде купола над пространством очага и, как следствие, поляризационные изменения восходящего (отраженного) потока излучения подстилающей поверхности (очага землетрясения).

Идентификацию очага землетрясения проводят по полученному массиву изображений.

Из математики известно [6], что сама функция и скорость ее изменения связаны дифференциальным уравнением первой степени, общим решением которого является экспоненциальная функция.

На рис. 4 представлено решение дифференциального уравнения в виде экспоненциальной функции

$$a(t) = 1 - \exp(-t/T)$$

где T – постоянная времени экспоненты, которая характеризует переходной процесс зоны подготавливаемого землетрясения к сейсмическому удару.

Постоянная времени T переходного к сейсмическому удару процесса зависит от геофизических условий земной коры подготавливаемого землетрясения. Экспоненциальная зависимость обладает тем свойством, что по трем ее дискретным измерениям в мо-

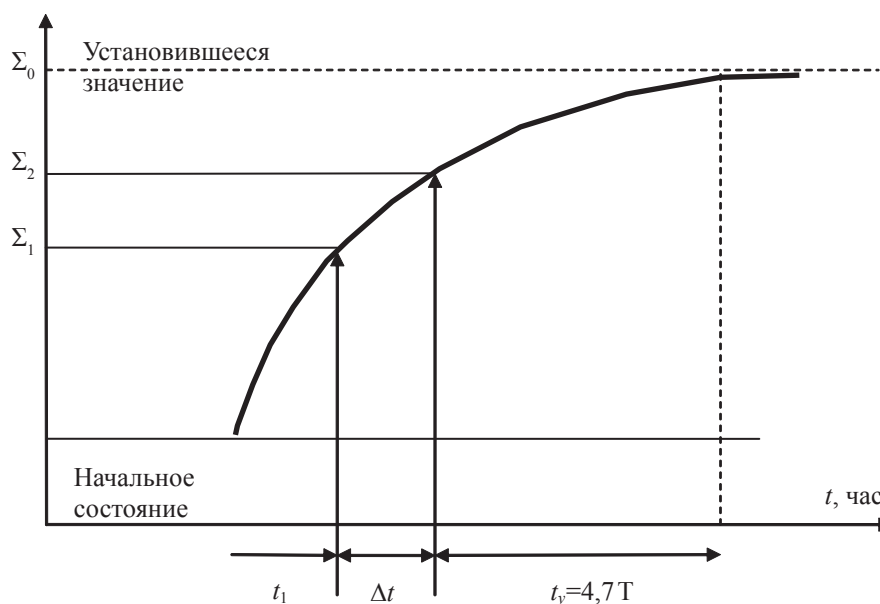


Рис. 4. Динамика изменения средневзвешенной суммы азимутов линиаметов
Fig. 4. Dynamics of average amount of azimuths liniamentov

менты t_1, t_2, t_3 может быть восстановлена вся функция

$$T = \frac{\Delta t}{\ln \frac{\sum_0 - \sum_1}{\sum_0 - \sum_2}}$$

где Δt – интервал времени между двумя измерениями $\Delta t = (t_2 - t_1)$. Обычно – это межвитковый интервал измерений, равный $\approx 1,5$ часа.

$\sum_0$ – предельное (установившееся) значение экспоненты, рассчитывается по трем измерениям

$$\sum_0 = \frac{\sum_2^2 - \sum_1 \times \sum_3}{2\sum_2 - \sum_1 - \sum_3}$$

За ожидаемое время сейсмического удара принимают промежуток, за который экспонента переходного процесса достигает значения $0,99\sum_0$, это время $t_y = 4,7 T$.

По эмпирическим данным (более 1000 наблюдений) [3], известно соотношение, связывающее динамический признак-предвестник с магнитудой

$$\lg t_y [\text{сут}] \approx 0,54M - 3,37.$$

Рассмотренная технология реализована при обработке ультрафиолетового изображения сейсмической зоны, полученного цифровой видеокамерой типа «Фиалка-МВ-КОСМОС», находящейся на борту Российс-

кого сегмента международной космической станции [9, 11].

Градиентное поле линиаметов, в виде роз-диаграмм, иллюстрируется на рис. 3. Для обработанного изображения (рис. 3) расчетные параметры переходного к сейсмическому удару процесса составили $\sum_0 = 53^\circ$, $\sum_1 = 8^\circ$, $\sum_2 = 26^\circ$, $\sum_3 = 37^\circ$, $T = 3,8$ час. Ожидаемое время сейсмического удара $t_y \approx 4,7 T = 18$ час, ожидаемая магнитуда $M = 6,1$.

Использование интегрального признака-предвестника в виде суммы азимутов линиаметов градиентного поля ультрафиолетового изображения обеспечит высокую достоверность краткосрочного прогноза землетрясений.

Библиографический список

1. Давыдов, В.Ф. Явление свечения атмосферы над зоной подготавливаемого землетрясения / В.Ф. Давыдов, В.Г. Бондур, Е.Г. Комаров, А.В. Корольков // Научные открытия. – 2010. – № 407.
2. Санаев, В.Г. Явление возникновения поляризованных аномалий электромагнитного поля над очагом землетрясения / В.Г. Санаев, В.Ф. Давыдов, О.Л. Кузнецов, А.Н. Никитин // Научное открытие. – 2007. – № 336.
3. «Краткосрочный прогноз катастрофических землетрясений с помощью радиофизических наземно-космических методов», сборник. Доклады конференций, РАН, ОИФЗ им О.Ю. Шмидта, 1998 г.
4. Физический энциклопедический словарь, под редакцией / А.М. Прохорова. – М.: Сов энциклопедия, 1983.
5. Дуда, Р.О. Распознавание образов и анализ сцен: пер. с англ. / Р.О. Дуда, П.Е. Харт. – М.: Мир, 1976.

6. P.A. Burrough. Fractal dimensions of landscapes and other environmental data. Nature 294, 1981.p240.
7. Пискунов, Н.С. Дифференциальные и интегральные исчисления для ВТУзов: учебник, 5-е издание / Н.С. Пискунов. – М.: Наука, 1964.
8. Способ предсказания землетрясений, Патент RU № 2.208239, 2003 г.
9. Измеритель признака-предвестника землетрясений Патент RU № 2.326415, 2009 г.
10. Способ краткосрочного прогнозирования землетрясений, Патент RU № 2.423729, 2011 г.
11. Специализированное программное обеспечение МАТН САД. 7.0. PLVS, издание 3-е, стереотипное, Информационно-издательский дом «ФИЛИНЬ» 1998 г.
12. Ультрафиолетовая камера «Фиалка-МВ-КОСМОС», приложение № 2 к ТЗ на космический эксперимент, шифр «Землетрясение», РОСКОСМОС ЦНИИМАШ, 2009 г.

THEMATIC PROCESSING OF ULTRA-VIOLET IMAGES

Davydov V.F., Prof. Bauman Moscow State Technical University, Ph. D. (Tech.)⁽¹⁾; **Sobolev A.V.**, Assoc. Prof. Bauman Moscow State Technical University, Ph. D.⁽¹⁾; **Usachev M.S.**, Senior Lecturer Bauman Moscow State Technical University, Ph. D.⁽¹⁾

asobolev@mgul.ac.ru, usachev@mgul.ru

⁽¹⁾ Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi branch),
1 st. Institutskaya, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

A reliable earthquake prediction is possible if their early root causes are measured. It has been established that one of the root causes of earthquakes is the degassing of the earth's crust as a result of mechanical stress. On the eve of a seismic shock in the atmosphere above the center of the earthquake being prepared there is an electrostatic field strength of hundreds kV/m. The electrostatic field is rotated by dipole molecules of water vapor, which leads to the polarization of the reflected solar flux. The highest level of polarization is observed in the ultraviolet range. The maximum level of intensity of the electrostatic field is confined to the epicenter of the earthquake source and decreases toward the periphery, and the polarizability of the reflected light flux varies from site to site. Changing the polarization contains information about the parameters of the upcoming seismic impact: focus coordinates, time and magnitude of impact. Dynamics of changes in polarization, such as earthquake precursor sign, can be isolated by analysis liniamentnogo ultraviolet space focus image. As the numerical characteristics of dynamics of change adopted by the weighted average amount of azimuths liniaments. From mathematics it is known that the function itself and its speed changes are solved by differential equations of the first degree, the general solution of which is the exponent. The exponential dependence has the property that for three whole function can be restored to its discrete changes. By sensing the underlying surface on three consecutive turns of the passage of the spacecraft above the hearth area, with interturn measurement range ~ 1.5 hours, where three images define the dynamics of the seismic process. As a means to obtain ultraviolet images used digital video camera «Violet MV-Kosmos», located on board the Russian segment of the International Space Station.

Keywords: earthquake magnitude, the image polarization dipole gradient field, liniament, bearing a sign, a harbinger.

References

1. Davydov V.F., Bondur V.G., Komarov E.G., Korol'kov A.V. *Yavlenie svecheniya atmosfery nad zonoy podgotavlivaemogo zemletryaseniya* [The atmosphere luminescence phenomenon over a zone of the prepared earthquake], Nauchnye otkrytiya [Discoveries], № 407, 2010.
2. Sanaev V.G., Davydov V.F., Kuznetsov O.L., Nikitin A.N. *Yavlenie vozniknoveniya polarizatsionnykh anomalii elektromagnitnogo polya nad ochagom zemletryaseniya* [The phenomenon of emergence of polarizing anomalies of an electromagnetic field over a seismic center], Nauchnoe otkrytie [Discovery], № 336, 2007.
3. *Kratkosrochnyy prognoz katastroficheskikh zemletryaseny s pomoshch'yu radiofizicheskikh nazemno-kosmicheskikh metodov* [The short-term forecast of catastrophic earthquakes by means of radio physical land and space methods], The collection Doklady konferentsiy, RAN, OIFZ im O.Yu. Shmidta [Reports of conferences, Russian Academy of Sciences, OIFZ to them O. Yu. Schmidt], 1998.
4. *Fizicheskiy entsiklopedicheskiy slovar* [The physical encyclopedic dictionary], Moscow, Sov. entsiklopediya, 1983.
5. Duda R.O., Khart P.E. *Raspoznavanie obraztsov i analiz stsen* [Recognition of samples and the analysis of scenes], Moscow: Mir, 1976.
6. P.A. Burrough. Fractal dimensions of landscapes and other environmental data. Nature 294, 1981, p. 240.
7. Piskunov N.S. *Differentsial'nye i integral'nye ischisleniya dlya VTUzov*, [Differential and integral calculus for VTUZ], Moscow, Nauka [Science], 1964.
8. *Sposob predskazaniya zemletryaseny* [A method of predicting earthquakes]. Patent RF № 2.208239, 2003.
9. *Izmeritel' priznaka-predvestnika zemletryaseny* [Meter feature-earthquake precursor] Patent RF № 2.326415, 2009.
10. *Sposob kratkosrochnogo prognozirovaniya zemletryaseny* [The method of short-term earthquake prediction]. Patent RF № 2.423729, 2011.
11. *Spetsializirovannoe programmnoe obespechenie MATN SAD. 7.0. PLVS* [Specialized software IDA GARDEN. 7.0. PLVS], Moscow: Informatsionno-izdatel'skiy dom «FILIN'» [Information and Publishing House «Filin»], 1998.
12. *Ul'trafiolietovaya kamera «Fialka-MV-KOSMOS»* [Ultraviolet Camera «Fialka-MV-Kosmos»] prilozhenie № 2 k TZ na kosmicheskiy eksperiment, shifr «Zemletryasenie», ROSKOSMOS TsNIIMASh, 2009 g.[№ 2 application to TK in the space experiment, the code «Earthquake» ROSCOSMOS TsNIIMASH], 2009.